Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 151-166

Increasing Antioxidant Compounds and Maintaining the Appearance Quality of Cherry Fruit after Harvest under the Influence of Marjoram Essential Oil

C. Hosseini[1*], M.R. Asghari[2], M. Khezri[3]

Received: 30-11-2021 Revised: 30-06-2022 Accepted: 09-07-2022 Available Online: 09-07-2022	**How to cite this article:** Hosseini, C., Asghari, M.R., & Khezri, M. (2023). Increasing antioxidant compounds and maintaining the appearance quality of cherry fruit after harvest under the influence of marjoram essential oil. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 151-166. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2022.73954.1114

Introduction

Cherry (*Prunus avium* L.) is one of the most important fruit products and due to its polyphenol and antioxidant compounds, it contributes to the nutrition and health of millions of people. Due to its high perishability, this fruit suffers from post-harvest physiological losses. According to the proven antifungal activity of plant essential oils, their use as a natural substance to reduce post-harvest waste, increase shelf life and ensure the health of consumers of horticultural products.

Material and Methods

In the present study, the effect of marjoram essential oil in different concentrations (0, 250, 500, 750 and 1000 µl/l) on biochemical reactions of Mashhad cherry fruit var takdaneh, including phenylalanine ammonialyase enzyme activity, total anthocyanin content, ascorbic acid content, tissue color, polyphenol oxidase enzyme activity, fruit rot and browning of the tail were evaluated with three replications. The treated fruits were transferred to the refrigerator for 30 days at a temperature of 1.0 °C and a relative humidity of 90-95%. Qualitative measurements of fruits were performed during three periods before storage, on the 15th day and on the 30th day of storage. Analysis of variance (ANOVA) was performed based on factorial experiment in a completely randomized design. Mean comparison was performed based on Duncan's multiple range test using SAS software and its graphs were drawn with Excel. Finally, correlation analysis was performed using R software.

Results and Discussion

The results of this evaluation showed that marjoram essential oil maintained the activity of phenylalanine ammonialyase enzyme, total anthocyanin content, ascorbic acid content and color significantly. It also reduced the activity of polyphenol oxidase activity, tissue color change, rot and browning of cherry fruit tail. The level of ascorbic acid in all treated samples decreased over time, but this decrease was more severe in the control sample than the other treatments. Increasing storage time and essential oil concentration improved the amount of anthocyanin in the treated fruits. The essential oil at a concentration of 750 µl/l avoided reduction of color change compared to the control. The activity of phenylalanine ammonialyase enzyme in all essential oil concentrations in both periods had an upward trend. The lowest and highest polyphenol oxidase enzyme activity were recorded in 750 µl/l essential oil treatment and control treatment, respectively. use of essential oil decreased the browning of the fruit tail in which, is probably due to the antioxidant activity of the essential oil. Also, the

1 and 2- Ph.D. Student and Professor Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: ch.hosseini@urmia.ac.ir)
3- Assistant Professor, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
DOI: 10.22067/jhs.2022.73954.1114

lowest rate of decay and the highest marketability were observed in the concentration of 750 µl/l of marjoram essential oil. On the other hand, there were significant correlations between most traits. Marketability as one of the most important traits had a positive correlation with traits such as ascorbic acid (r=0.82**) and fruit color (r=0.77**). These results clearly show that the increase of these traits leads to high marketability of cherry fruit. Also, the existence of a negative correlation between the rate of maintaining marketability with the traits of rot (r= -0.95**) and browning of the fruit tail (r= -0.89**) shows that with the increase of these traits, the marketability of the fruit decreases. Finally, according to the findings of the present study and considering the quality and durability of treated cherry fruits compared to untreated fruits, instead of harmful chemical compounds, marjoram essential oil can be recommended as an additive in cherry fruit.

Conclusion

The use of plant essential oils as a natural method can be effective in increasing the shelf life of this fruit by preventing deterioration and degradation. The results of this study showed that marjoram essential oil at a concentration of 750 µl/l by increasing and maintaining ascorbic acid, anthocyanin, PAL enzyme activity, marketability and also by reducing the activity of PPO enzyme, color variability, degree of rot and browning of the fruit tail led to maintaining the internal quality and better durability of the cherry fruit during storage. The reason for this can be related to the phenolic and antioxidant compounds in marjoram essential oil. These compounds directly affect fruit spoilage and indirectly increase the host fruit's defense system and maintain fruit quality. According to the results of this study, marjoram essential oil with a concentration of 750 µl/l can be introduced as a healthy method to maintain physicochemical properties and improve the cherries quality characteristics after harvest.

Keywords: Biological compounds, Defense system, Fruit shelf life, Marketability

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱٤۰۲، ص. ۱٦٦-۱٥۱

افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و حفظ کیفیت ظاهری میوه گیلاس در زمان پس از برداشت تحت تأثیر اسانس مرزنجوش

چنور حسینی[1*]- محمدرضا اصغری[2]- مریم خضری[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۰۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۴/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۸

چکیده

گیلاس از جمله میوه‌هایی است که به‌دلیل فسادپذیری بالا متحمل ضایعات فیزیولوژیکی پس از برداشت می‌شود. باتوجه به اثبات فعالیت ضد قارچی اسانس‌های گیاهی، استفاده از آن‌ها به‌عنوان یک ایده طبیعی در جهت کاهش ضایعات پس از برداشت، افزایش ماندگاری و تضمین سلامت مصرف‌کنندگان محصولات باغبانی مطرح می‌باشد. در تحقیق حاضر، تأثیر غلظت‌های مختلف اسانس مرزنجوش (صفر، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر) و زمان انبارداری (روز ۱۵ام و ۳۰ام) بر واکنش‌های بیوشیمیایی میوه گیلاس شامل فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز، محتوای آنتوسیانین کل، میزان اسید آسکوربیک، رنگ بافت، فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز، پوسیدگی و قهوه‌ای شدن دم میوه با سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفت. میوه‌های تیمار شده به مدت ۳۰ روز در دمای ۱±۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد به سردخانه منتقل شدند. اندازه‌گیری کیفی میوه‌ها طی سه دوره زمانی قبل از نگهداری، روز ۱۵ام و روز ۳۰ام نگهداری انجام گرفت. نتایج حاصل از این ارزیابی نشان داد که اسانس مرزنجوش به طور معنی‌داری فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز، محتوای آنتوسیانین کل، میزان اسید آسکوربیک و تغییر رنگ را در سطح بالایی حفظ نمود. همچنین سرعت افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز، تغییرپذیری رنگ بافت، پوسیدگی و قهوه‌ای شدن دم میوه گیلاس را کاهش داد. این موارد منجر گردید تا با کاربرد اسانس مرزنجوش شاهد ثبات بازارپسندی این میوه طی روزهای نگهداری باشیم. در نهایت مطابق یافته‌های پژوهش حاضر و با توجه به حفظ کیفیت و ماندگاری میوه‌های گیلاس تیمار شده نسبت به میوه‌های بدون تیمار، می‌توان به جای ترکیبات شیمیایی مضر، اسانس مرزنجوش را به‌عنوان افزودنی مجاز در زمان نگهداری میوه گیلاس توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: بازارپسندی، ترکیبات زیستی، سیستم دفاعی، ماندگاری میوه

مقدمه

امروزه با افزایش آگاهی مردم نسبت به تغذیه سالم، تقاضا برای مصرف مواد غذایی و محصولات باغبانی با کیفیت، سالم و عاری از بقایای سموم روزبه‌روز در حال افزایش است. در همین راستا، بحث سلامت غذایی مطرح می‌باشد و بایستی همه جوانب استفاده از ترکیبات مختلف در زمان پس از برداشت میوه در نظر گرفته شود تا بدون عوارض جانبی، سلامت غذایی مصرف‌کنندگان را تضمین نماید (Rahemi, 2011). بخش اصلی ضایعات محصولات کشاورزی که در نتیجه عوامل بیولوژیکی، فیزیولوژیکی و پاتولوژیکی اتفاق می‌افتد، مربوط به مرحله برداشت و پس از برداشت تا زمان رسیدن به دست مصرف‌کننده می‌باشد. این ضایعات خسارت بزرگی برای منابع غذایی در جهان به شمار می‌آیند (Asghari, 2015). عمده‌ترین روش‌های افزایش ماندگاری و جلوگیری از فساد محصولات کشاورزی استفاده از

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: ch.hosseini@urmia.ac.ir)
۳- استادیار، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

DOI: 10.22067/jhs.2022.73954.1114

ترکیبات شیمیایی است. ولی با توجه به محدودیت در استفاده وسیع از این ترکیبات به دلیل اثرات جانبی شدید آن‌ها در انسان، توجه محققین به جایگزینی این مواد با سایر روش‌ها از جمله ترکیبات طبیعی گسترش یافته است (Al-Bayati and Al-Mola, 2008).

از بین این ترکیبات، تولیدات تازه گیاهی از قبیل اسانس‌ها[1] که به‌طور طبیعی از بین می‌روند و سازگار با محیط زیست هستند، به عنوان افزودنی‌های سالم، به‌منظور کنترل میکروبی، شیمیایی و افزایش ماندگاری محصولات باغبانی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Asgari Marjanlu *et al.*, 2009). یکی از حفاظت‌کننده‌های طبیعی گیاهی، اسانس گیاه دارویی مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) می‌باشد که ترکیبات اصلی تشکیل‌دهنده آن دارای خواص ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی با سمیت پایین در پستانداران هستند. مرزنجوش از خانواده نعنائیان بوده که فعالیت‌های ضدمیکروبی اسانس آن به ترکیبات فنلی موجود از قبیل کارواکرول[2]، پاراسیمین[3] و تیمول[4] مربوط می‌شود (de Souza *et al.*, 2010). ترکیبات فنلی، آنتی‌اکسیدان‌های قوی در گیاهان هستند و دارای فعالیت فیزیولوژیکی متنوع از جمله فعالیت ضدسرطانی، ضدباکتریایی و ضدالتهاب می‌باشند (Beckman, 2000). میوه‌ها و سبزیجات علاوه‌بر این‌که مقادیر قابل توجهی از مواد تغذیه‌ای جیره غذایی انسان را تشکیل می‌دهند، حاوی ترکیبات دیگری نظیر آنتی‌اکسیدان‌ها هستند که در حفظ و بهبود سلامتی انسان نقش ویژه‌ای دارند.

گیلاس (*Prunus avium* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات میوه‌ای می‌باشد، که به دلیل دارا بودن ترکیبات پلی‌فنل و آنتی‌اکسیدانی شامل اسیدآسکوربیک، کارتنوییدها و آنتوسیانین‌ها از ارزش بالایی در تغذیه و سلامت میلیون‌ها انسان برخوردار است (USDA, 2020). از طرفی گیلاس جزء میوه‌های نافرازگرا است که به‌دلیل بالا بودن میزان تنفس و همچنین فسادپذیری بالا، میزان بسیار کم کربوهیدرات ذخیره‌ای و تغییر رنگ بافت و دم میوه از عمر پس از برداشت کمی برخوردار است (Rahemi, 2011). مطالعات نشان می‌دهند که اسانس‌های گیاهی باعث حفظ رنگ میوه گیلاس و آلبالو و جلوگیری از تخریب کلروفیل و کاهش قهوه‌ای شدن آنزیمی در دم میوه می‌شوند (Asgari Marjanlu *et al.*, 2009). همچنین گزارش کرده‌اند که کاربرد اسانس آویشن با کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز از قهوه‌ای شدن آنزیمی جلوگیری می‌کند (Erfani-Moghadam and Mohammadi, 2021). استفاده از اسانس رزماری در پوشش حاوی آلوئه‌ورا باعث تاخیر در پیری و حفظ کیفیت در میوه‌های هسته‌دار منجر می‌شود. محققان با تلفیق اسانس‌های اژنول[5] و منتول[6] در میوه انگور مشاهده کردند که تغییرپذیری رنگ به تعویق افتاده و میزان اسید آسکوربیک و آنتوسیانین در پایان آزمایش در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد بیشتر بود (Tzortzakis, 2007).

در مطالعه‌ای دیگر اثر اسانس مرزنجوش با ترکیب کیتوزان در جلوگیری از رشد دو قارچ *Rhizopus stolonifera* و *Aspergillus nigera* روی میوه انگور بررسی شد. نتایج نشان داد که استفاده از پوشش ترکیبی و اسانس مرزنجوش به طور معنی‌داری از رشد میسیلیوم قارچ‌های مورد بررسی جلوگیری نمود (dos Santos *et al.*, 2012). همچنین با کاربرد کارواکرول و آنتول[7] در تمشک گزارش شد که میوه‌های تیمار شده، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و محتوای مواد فنولیکی و آنتوسیانین بیشتری داشته و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها نسبت به میوه‌های تیمار نشده بیشتر بود (Jin *et al.*, 2012). از آنجا که کاربرد تیمار مناسب پس از برداشت در حفظ ارزش غذایی، رنگ بافت و کیفیت ظاهری محصولات میوه‌ای مؤثر است. در این پژوهش از اسانس مرزنجوش با هدف حفظ و افزایش خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و کیفیت ظاهری میوه گیلاس طی زمان‌های مختلف انبارداری استفاده شد.

مواد و روش‌ها

میوه‌های گیلاس رقم 'تکدانه مشهد' در مرحله رسیدن تجاری (TSS=17%) در تیر ماه سال ۱۳۹۶ از یکی از باغ‌های شهرستان اشنویه واقع در استان آذربایجان غربی برداشت گردیدند. میوه‌ها با شکل‌های غیرطبیعی و عوارض فیزیکی حذف شدند و میوه‌هایی با خصوصیات ظاهری و فیزیکی مناسب و نیز سطح رسیدگی و بلوغ یکنواخت انتخاب و جهت انجام تیمارها به آزمایشگاه و سردخانه گروه علوم باغبانی دانشگاه ارومیه منتقل شدند.

مواد گیاهی شامل پیکره رویشی گیاه مرزنجوش، از دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه تهیه شد. پس از خرد کردن ۳۰۰ گرم گیاه، اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر به مدت ۴ ساعت انجام گردید. سپس، اسانس به دست آمده توسط سولفات سدیم انیدرید آبگیری شد و در شیشه‌های تیره در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد درون یخچال تا زمان انجام آزمون‌های بیولوژیکی و بررسی ترکیبات آن نگهداری شد. در زمان اعمال تیمار، اسانس در توئین ۸۰ (۵ درصد) حل شد (Davari and Ezazi, 2016).

1- Essential oil
2- Carvacrol
3- P-cymene
4- Thymol
5- Eugenol
6- Menthol
7- Anethole

میوه‌ها با اسانس مرزنجوش در غلظت‌های صفر (شاهد)، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر اسپری شدند و پس از خشک شدن، داخل ظروف پلاستیکی پلی‌استایلن قرار گرفتند و به سردخانه با دمای ۱±۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد به مدت ۳۰ روز منتقل شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی (اسانس مرزنجوش و زمان نگهداری) بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار شامل سه ظرف که هر ظرف حاوی ۳۰ عدد میوه بود اجرا شد. میوه‌ها پس از خروج از سردخانه مدتی در دمای معمولی قرار گرفتند و سپس اندازه‌گیری صفات مورد نظر پس از ۱۵ و ۳۰ از زمان نگهداری به شرح زیر انجام شد.

رنگ میوه: برای بررسی رنگ سطح میوه با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (400 CR Minolta Konica)، رنگ ۳ قسمت مختلف از سطح ۴ میوه در واحد آزمایشی خوانده شد. میزان رنگ با شاخص‌های Chroma بیان شد. میزان تغییرپذیری رنگ در اولین روز برداشت میوه‌ها، روز۱۵ام و روز۳۰ام انبارداری اندازه‌گیری شدند (Castillo *et al*., 2014).

محتوای آنتوسیانین: برای اندازه‌گیری آنتوسیانین کل از روش واگنر (Wagner, 1979) استفاده شد. ۰/۱ گرم از بافت میوه تازه با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول خالص و کلریدریک اسید خالص به نسبت حجمی ۹۹ به ۱) به‌طور کامل ساییده و عصاره خالص به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. جذب محلول بالایی در طول موج ۵۵۰ نانومتر اندازه‌گیری و برای محاسبه غلظت، ضریب خاموشی ۳۳۰۰۰ سانتی‌متر بر مول در نظر گرفته شد.

اسید آسکوربیک: میزان اسید آسکوربیک عصاره میوه بر اساس کاهش رنگ دی‌کلروفنل ایندوفنل (DCPIP) توسط اسیدآسکوربیک اندازه‌گیری شد. در این روش مقدار یک گرم از بافت گوشت و پوست میوه با ۳ میلی لیتر متافسفریک اسید (۱ درصد) مخلوط شد و پس از گذشت نیم ساعت، مخلوط بالا در دمای ۴ درجه سانتی گراد و ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. از محلول رویی ۱۰۰ میکرولیتر برداشته و به آن مقدار ۲/۵ میلی لیتر DCPIP اضافه شد. میزان جذب نمونه ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد. نمونه شاهد (blank) دارای ترکیبات فوق بجز عصاره میوه بود. منحنی استاندارد اسیدآسکوربیک با استفاده از غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک (۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۳، ۰/۰۴ و ۰/۰۵ گرم در لیتر) در حضور DCPIP رسم شد.

فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز[1]: برای سنجش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز از روش کارتیکیان و همکاران (Karthikeyan *et al*., 2006) با کمی تغییر استفاده شد. مقدار ۱ گرم از بافت تازه میوه با استفاده از ۱/۵ میلی‌لیتر بافر استخراج (بافر بورات ۰/۱ مولار، ۰/۱درصد پلی‌وینیل‌پیرولیدون[2] و ۱/۴ میلی‌مولار مرکاپتو اتانول، pH=۷) کوبیده شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. پس از اتمام سانتریفیوژ از عصاره رویی برای سنجش آنزیم استفاده شد. محتوای نمونه برای سنجش آنزیم حاوی ۳۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۱ میلی لیتر بافر سنجش (بافر بورات ۰/۱ مولار، ۰/۱ درصد پلی‌وینیل‌پیرولیدین و ۱/۴ میلی‌مولار مرکاپتواتانول) با pH=۸/۸ و ۱ میلی‌لیتر L–فنیل‌آلانین ۱۲ میلی‌مولار بود که به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و جذب نور در طول موج ۲۹۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری گردید. فعالیت آنزیم PAL با استفاده از قانون بیرلامبرت و با ضریب خاموشی l.cm-µ و برحسب (نانومول در یک گرم وزن تازه در دقیقه) محاسبه گردید.

فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز[3]: فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز بر طبق روش پیتزوکارو و همکاران (Pizzocaro *et al*., 1993) و براساس اکسیداسیون کاتکول اندازه‌گیری شد. ۲/۵ میلی‌لیتر ماده بافری شامل (بافر فسفات سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار (۱۷/۹ گرم فسفات سدیم، ۷/۸ گرم فسفات‌دی‌هیدروژن سدیم، pH=۶/۴) و ۵۰ میلی‌مولار کاتکول) را به ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی اضافه کرده و پس از قرار دادن در بن‌ماری در دمای ۲۵ °C به مدت ۵ دقیقه منحنی تغییرات جذب در طول موج ۴۲۰ نانومتر به مدت ۳ دقیقه اندازه‌گیری شد. یک واحد فعالیت آنزیمی شامل میزان تغییر PPO به مقدار ۰/۰۰۱ در دقیقه در میلی‌لیتر از عصاره آنزیم بود. فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز از طریق رابطه $(\Delta A \times 1000)/(0/001 \times 25)$ محاسبه شد که در آن ΔA اختلاف جذب و ۲۵ میزان گرم آنزیم به‌کار رفته می‌باشد.

وضعیت ظاهری و بازارپسندی میوه‌ها: برای تعیین کیفیت ظاهری میوه، میزان بازارپسندی آن‌ها نمره‌های یک الی پنج به صورت ۱: عالی، ۲: خیلی خوب، ۳: خوب، ۴: متوسط و ۵: ضعیف برای آن‌ها در نظر گرفته شد (Ayala-Zavala *et al*., 2007).

شاخص قهوه‌ای شدن دم میوه: جهت تعیین میزان قهوه‌ای شدن دم میوه‌ها از روش نمره‌دهی استفاده شد. به این منظور میوه‌ها در ۵ دسته به شرح زیر نمره‌دهی شدند؛ ۵: عالی (بدون قهوه‌ای شدن)، ۲: خیلی خوب (تا ۵ درصد قهوه‌ای شدن)، ۳: خوب (۵–۲۰ درصد قهوه‌ای شدن)، ۴: متوسط (۲۰–۵۰ درصد قهوه‌ای شدن) و ۵: ضعیف (بیش از ۵۰ درصد قهوه‌ای شدن).

میزان پوسیدگی: میزان پوسیدگی‌های قارچی و مقایسه آلودگی

1- Phenylalanine ammonialyase

2- Polyvinylpyrrolidone

3- Polyphenol oxidase enzyme activity

قارچ‌های مورد مطالعه با مشاهده چشمی و بصری مورد ارزیابی قرار گرفتند و به‌صورت درصد بیان شدند. بدین منظور از نمره‌های ۱: میوه‌های بدون پوسیدگی (عالی)، ۲: خوب (۲۵ درصد پوسیدگی)، ۳: متوسط (۵۰ درصد پوسیدگی)، ۴: ضعیف (۷۵ درصد پوسیدگی) و ۵: پوسیدگی کامل (۱۰۰ درصد پوسیدگی) استفاده شد (Ayala-Zavala *et al*., 2007).

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه 9.4) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم گردیدند. در نهایت جهت بررسی روابط بین صفات، ضرایب همبستگی با استفاده از بسته corrplot در نرم‌افزار R محاسبه شدند.

نتایج و بحث

اسید آسکوربیک: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده اسانس مرزنجوش و زمان نگهداری و نیز برهم‌کنش بین آن‌ها بر میزان اسید آسکوربیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). همان‌طور که در شکل ۱ قابل ملاحظه است، میزان اسید آسکوربیک همه نمونه‌های تیمار شده با گذشت زمان کاهش یافته است، ولی این کاهش در نمونه شاهد و تیمار غلظت ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس، شدیدتر از سایر تیمارها بود. طبق این نمودار تیمار اسانس مرزنجوش تأثیر معنی‌داری در به تأخیر انداختن تخریب و کاهش اسید آسکوربیک داشت. به طوری‌که در روز ۱۵ام انبارداری تیمار ۷۵۰ میکرولیتر در لیتر اسانس مرزنجوش، بالاترین میزان آسکوربیک‌اسید را نشان داد و چنان‌چه اشاره شد کمترین میزان آن نیز مربوط به تیمار شاهد در روز ۳۰ام بود.

اسید آسکوربیک جزء مهم‌ترین پارامترهای کیفی محصولات میوه‌ای محسوب می‌شود که در مقایسه با سایر پارامترهای تغذیه‌ای در طول مدت زمان نگهداری عمر کوتاه‌تری دارد. عواملی مانند افزایش مدت زمان نگهداری، بالا رفتن درجه حرارت و آسیب‌های فیزیکی موجب کاهش میزان اسید آسکوربیک می‌شوند (Lee and Kader, 2000). از طرفی میزان آن در جریان پیشرفت پیری به‌دلیل مصرف شدن برای حذف رادیکال آزاد کاهش پیدا می‌کند. نقش مهم اسیدآسکوربیک دفع مسمومیت ناشی از گونه‌های اکسیژن فعال به وسیله آسکوربات اکسیداز می‌باشد که طی این اکسیداسیون میزان اسید آسکوربیک کاهش می‌یابد. ولتمن و ون شایک (Veltman and Van Schaik, 1997) در آزمایشی روی میوه‌های هلو نشان دادند که کاهش اسید آسکوربیک به دنبال واکنش قهوه‌ای شدن روی می‌دهد.

اسانس‌های گیاهی به‌دلیل خاصیت ضداکسایشی که دارند موجب حفظ اسید آسکوربیک می‌شوند (Lounds-Singlton, 2003). در مطالعه‌ای با بررسی اثر اسانس آویشن همراه با پوشش خوراکی روی میوه انگور نتیجه‌گیری شد که نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد از میزان اسید آسکوربیک بالاتری برخوردار بودند (Dehestani Ardakani and Mostofi, 2018)، که مطابق با مطالعه حاضر بود.

محتوای آنتوسیانین: با توجه به نتایج جدول ۱ اثر ساده اسانس و زمان نگهداری و همچنین اثر متقابل این دو عامل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. طبق شکل ۲، میزان آنتوسیانین با گذشت زمان از مرحله برداشت و افزایش غلظت اسانس افزایش یافت. بیشترین میزان آنتوسیانین مربوط به تیمار غلظت اسانس ۷۵۰ میکرولیتر در لیتر در روز ۳۰ام بود و کمترین مقدار آن در نمونه شاهد در روز ۱۵ام مشاهده گردید.

آنتوسیانین‌ها گروهی از ترکیبات فنلی محلول در آب هستند که با استقرار در واکوئل سلول‌های گیاهی تشکیل‌دهنده رنگ قرمز میوه-هایی مانند گیلاس، آلبالو، توت فرنگی، هلو و سیب می‌باشند (Wafaa *et al*., 2014). آنتوسیانین‌ها یکی از مهم‌ترین ترکیبات آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی هستند که در حذف و جلوگیری از تولید رادیکال‌های آزاد نقش مهمی ایفا می‌کنند. میزان آنتوسیانین‌ها در زمان پس از برداشت، در شرایط انبارداری تحت تاثیر عوامل مختلف ممکن است تغییر کنند. در پژوهش حاضر با افزایش زمان نگهداری و غلظت اسانس میزان آنتوسیانین میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد افزایش محسوسی داشت. علت چنین افزایشی را می‌توان به پیشرفت فرآیندهای رسیدگی میوه، افزایش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز و ترکیبات فنلی ربط داد (Asghari, 2015). در پژوهشی، غفوری و همکاران (Ghafouri *et al*., 2016) اثر اسانس آویشن در افزایش میزان آنتوسیانین میوه را بررسی کردند و بیان داشتند که میزان آنتوسیانین میوه تحت تأثیر اسانس آویشن حفظ و افزایش می‌یابد. با توجه به این‌که آنتوسیانین‌ها ترکیبات ناپایدار و تخریب‌پذیری هستند، اسانس‌های گیاهی به‌دلیل دارا بودن خاصیت آنتی‌اکسیدانی از اکسید شدن آنتوسیانین در مدت زمان نگهداری جلوگیری می‌کنند (Ghafouri *et al*., 2016). یافته‌های حاصل از این پژوهش با نتایج بدست آمده از آزمایش محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*., 2012) در میوه توت فرنگی تیمار شده با اسانس انیسون و زیره سیاه مطابقت داشت.

رنگ میوه: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثر ساده اسانس و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان تغییر رنگ معنی‌دار بوده است اما اثر متقابل این دو عامل از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۱). بیشترین شاخص کروما در زمان برداشت مشاهده شد که همان‌طور که انتظار می‌رفت با گذشت زمان این شاخص کاهش یافت. با این حال، تیمار اسانس در غلظت ۷۵۰

میکرولیتر بر لیتر توانست به نحو مؤثری مانع از کاهش تغییـرپـذیری رنگ نسبت به شاهد شود. لازم به توضیح است که دیگر غلظت‌هـای اسانس از جمله غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکرولیتر بر لیتر نیـز در در حفظ رنگ میوه تأثیر مثبتی داشتند (شکل ۳).

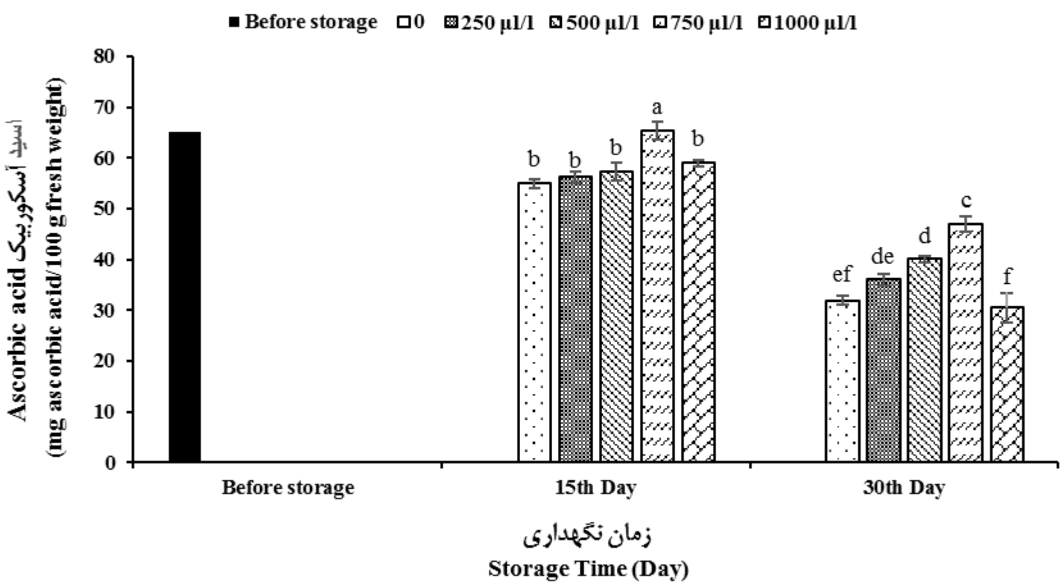
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر اسانس مرزنجوش و زمان انبارداری بر صفات مورد مطالعه در گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Table 1- ANOVA results for the effect of marjoram essential oil and storage time on the studied traits in sweet cherry cv. 'Takdaneh Mashhad'

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	Mean squares میانگین مربعات							
		اسید آسکوربیک Ascorbic acid	آنتوسیانین Anthocyanin	رنگ Color	فنیل آلانین آمونیالیاز Phenylalanine ammonialyase	پلی فنل اکسیداز Polyphenol oxidase	بازار پسندی Marketability	قهوه‌ای شدن دم میوه Browning of fruit tail	پوسیدگی میوه Fruit decay
اسانس Essential oil (EO)	4	153**	373**	3.05**	733*	7339**	762**	0.06**	214**
زمان انبارداری Storage time (ST)	1	3471**	4417**	8.06**	6894**	2288**	1904**	0.15**	264**
اسانس × زمان EO × ST	4	29.8**	62.1**	0.06ns	1502**	156ns	27.3*	0.014**	22**
خطا Error	20	6.63	3.17	0.028	216.4	64.2	10.13	0.0009	1.33
ضریب تغییرات CV (%)		5.38	2.18	4.07	12.89	6.08	4.97	8.55	4.15

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

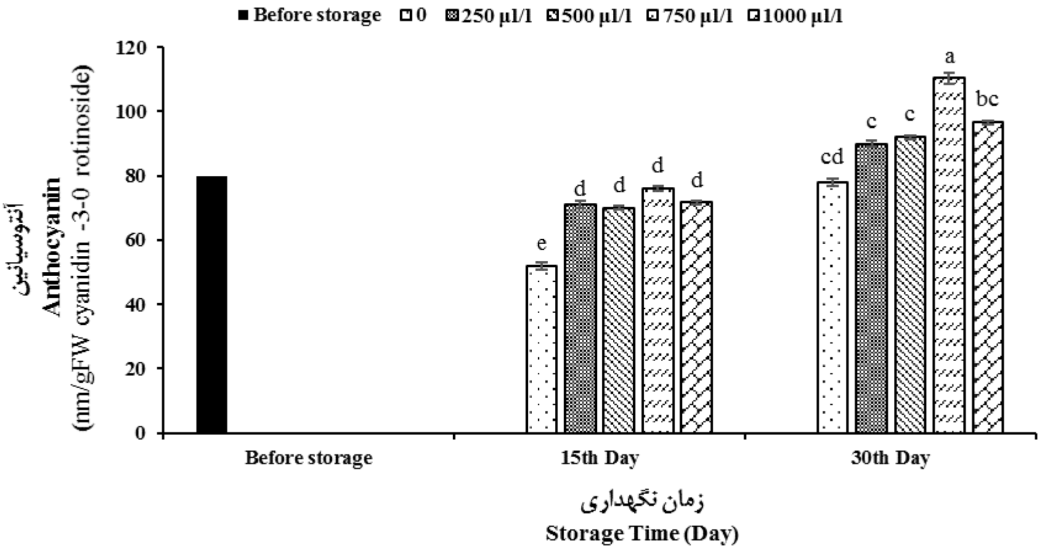
ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.



شکل ۱- اثرمتقابل کاربرد اسانس مرزنجوش × زمان نگهداری بر میزان اسیدآسکوربیک میوه گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Figure 1- The interaction effect of Oreganom essential oil ×storage time on the ascorbic acid content of sweet cherry fruit cv. 'Takdaneh Mashhad'

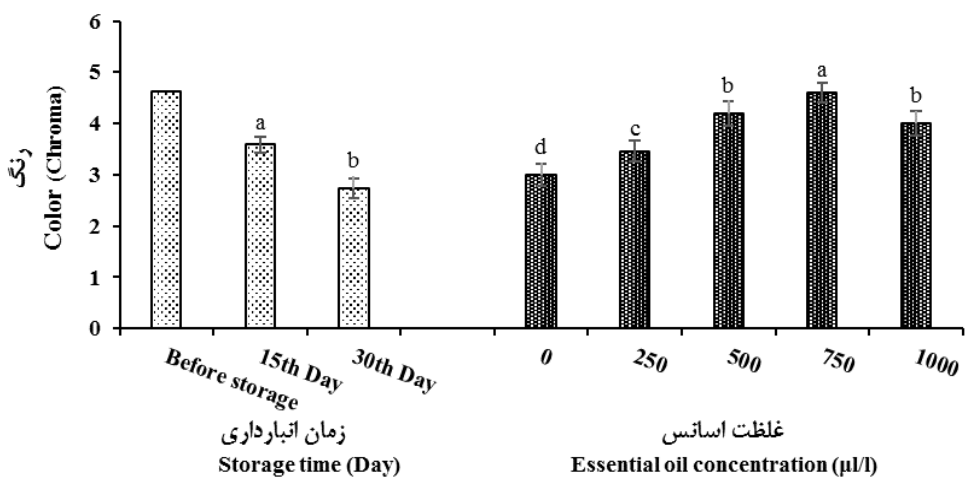
(DMRT, $p \leq 0.05$)



شکل ۲- اثرمتقابل کاربرد اسانس مرزنجوش × زمان نگهداری بر میزان آنتوسیانین کل میوه گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Figure 2- The interaction effect of Oreganom essential oil ×storage time on the total anthocyanin content of sweet cherry fruit cv. 'Takdaneh Mashhad'(DMRT, $p \leq 0.05$)

رنگ یک عامل مهم در ارزیابی عمر پس از برداشت و کیفیت ظاهری میوه می‌باشد. میوه‌ها با گذشت زمان طی انبارداری با افزایش پیری، تیره می‌شوند و روشنی و شفاف بودن سطح میوه پایین می‌آید (Hernandez-Munoz *et al.*, 2008). دلیل تیره‌تر شدن رنگ میوه ادامه بیوسنتز آنتوسیانین و همچنین کاهش میزان رطوبت میوه می‌باشد (Han *et al.*, 2004). در این مطالعه درصدهای مختلف غلظت اسانس، اثر مثبتی بر شاخص کرومای میوه داشته و موجب کاهش تغییرپذیری رنگ نسبت به نمونه شاهد در طول مدت زمان نگهداری شدند. نتایج پژوهش‌های دیگر نیز نشان‌دهنده تأثیر مثبت تلفیق تیمول و منتول سبب تأخیر در تغییر رنگ پوست و میوه توت فرنگی نسبت به شاهد بوده‌اند. در مطالعه‌ای گزارش شد که تأخیر در پیری در اثر کاربرد اسانس‌ها از دلایل کاهش رنگ‌پذیری میوه می‌باشد (Norouzi Faz *et al.*, 2016). همچنین گلستانی و رستگار (Golestani and Rastegar, 2017) در مطالعه‌ای اثر مثبت کاربرد اسانس‌های گیاهی در حفظ رنگ میوه انبه را کنترل پوسیدگی و فساد میوه، تأخیر در فرآیند رسیدن میوه و حفظ شاخص‌های رنگی عنوان کردند.

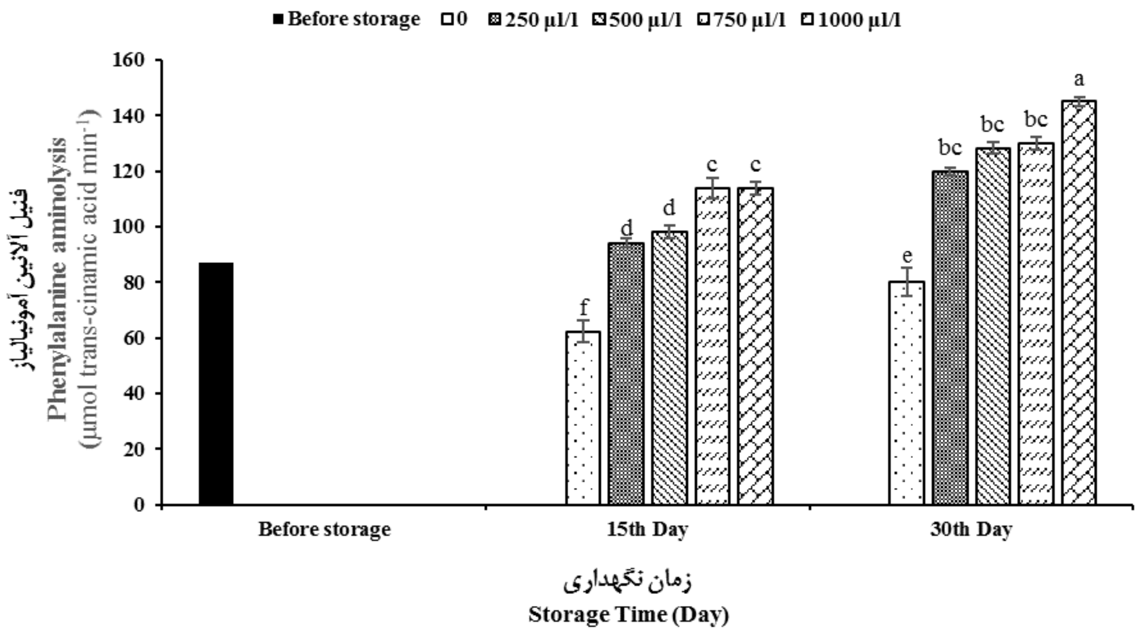


شکل ۳- اثرات ساده کاربرداسانس مرزنجوش و زمان نگهداری بر رنگ میوه گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Figure 3- The simple effects of Oreganom essential oil and storage time on sweet cherry fruit color cv. 'Takdaneh Mashhad' (DMRT, $p \leq 0.05$)

فعالیت آنـزیم فنیـل آلانـین آمونیالیـاز: اثـر سـاده اسـانس مرزنجوش در سطح احتمال ۵ درصد و اثر زمان نگهداری و همچنـین اثر متقابل بین این دو عامل در سـطح احتمـال ۱ درصـد، بـر میـزان فعالیت آنزیم PAL معنی‌دار بود (جدول ۱). شکل ۴ مقایسه میـانگین اثرمتقابل بین اسانس مرزنجوش و زمان نگهداری بـر میـزان فعالیـت آنزیم PAL میوه را نشان می‌دهد که مطابق آن میـزان فعالیـت ایـن آنزیم در تمام تیمارهای غلظت اسانس در هر دو دوره زمـانی از رونـد صعودی برخوردار بود و بیشترین تأثیر مربوط به غلظت اسانس ۱۰۰۰ میکرولیتر در روز ۳۰ام و کمترین مقدار آن نیز مربوط به نمونه شـاهد در روز ۱۵ام بود.

آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز اصـلی‌تـرین و نخسـتین آنـزیم مسـیر بیوسنتز ترکیبات فنلی است که فنیل آلانین را بـه تـرانس سـینامیک اسید تبدیل می‌کنـد (Randhir *et al.*, 2006). احتمـالاً بـالا بـودن فعالیت آنزیم PAL در میوه‌های تیمار شده با اسـانس مرزنجـوش بـه دلیل القای پاسخ‌های دفاعی در میـوه و سـنتز ترکیبـات فنلـی باشـد. افزایش خواص آنتی‌اکسیدانی و حفظ کیفیت میـوه تـوت فرنگـی در نتیجه استفاده از اسانس مرزنجوش به اثبات رسیده است (Rusková *et al.*, 2023). محققان گزارش کرده‌اند که تیمار اسانس زیره سبز به همراه پوشش صمغ باریجه به طور معنـی‌داری میـزان فعالیـت آنـزیم PAL را در میوه گیلاس با گذشت زمان افزایش دادند (Asghari *et al.*, 2019)، که با نتایج تحقیـق حاضـر مطابقـت داشـت. همچنـین پرویزی و همکاران (Parvizi *et al.*, 2020) در مطالعه خود به تـأثیر معنی‌دار اسانس رازیانه به همراه نانوامولسیون کیتوزان بر روی میـزان فعالیت این آنزیم در میوه تمشک سیاه پی بردند.

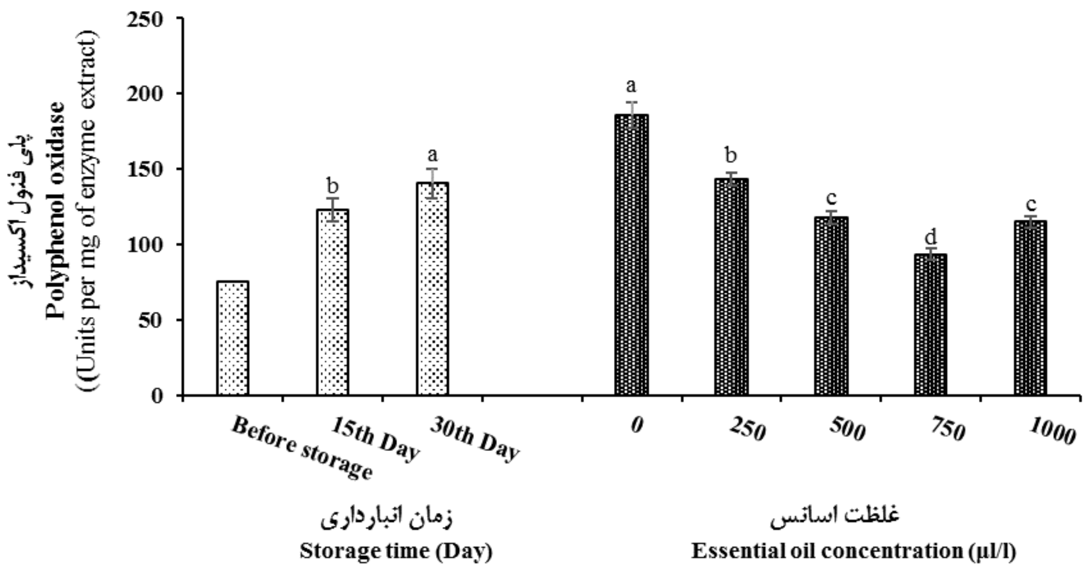


شکل ٤- اثرمتقابل کاربرد اسانس مرزنجوش × زمان نگهداری بر فعالیت آنزیم PAL در میوه گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Figure 4- The interaction effect of Oreganom essential oil ×storage time on the PAL enzyme activity in sweet cherry fruit cv. 'Takdaneh Mashhad' (DMRT, *p≤0.05*)

فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز: مندرجات جدول ۱ نشان داد که اثرات ساده اسانس مرزنجوش و زمان نگهـداری در سـطح احتمـال ۱ درصد بر میزان فعالیت آنزیم PPO معنی‌دار بود؛ در حالی‌که اثرمتقابل این دو عامل از نظر آماری غیرمعنی‌دار شد. مقایسه میـانگین تیمارهـا نشان داد که فعالیت آنزیم PPO با گذشت زمـان نگهـداری افـزایش یافته است. کمترین و بیشترین میزان فعالیت آنزیم PPO به‌ترتیب در تیمار غلظت ۷۵۰ میکرولیتر اسانس و تیمار شاهد ثبت شد (شکل ۵). همزمان با پیشرفت مراحل رسیدگی میوه فعالیت‌های آنزیمی نیـز افزایش می‌یابد. از جملـه فعالیـت آنـزیم PPO کـه بـه عنـوان یـک کاتالیزور در واکنش‌های اکسیداسیون عمل مـی‌کننـد. ایـن آنـزیم بـا هیدرولیز مونوفنل‌ها به دی‌فنل‌هـا و اکسیداسـیون دی‌فنـل‌هـا را بـه کوینون‌ها معادل آن کاتالیز می‌کند و در نهایت تجمع ملانین رنگیـزه مسئول رنگ قهوه‌ای در بافت‌های گیاهی اتفاق می‌افتـد (Falguera *et al.*, 2011). قهوه‌ای شدن آنزیمی یکی از مهم‌ترین واکنش‌هـای رنگی است که میوه‌ها و سبزیجات را تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعـث ایجاد یک تغییر نـامطلوب در بافت مـی‌شـود کـه بـر طعـم، ظـاهر و

کیفیت میوه اثر منفی دارد. اسانس‌های گیاهی همانند پوشش خوراکی و با کاهش تبادل گازها، میزان ورود O_2 به داخل بافت را کاهش می‌دهند که نتیجه آن کاهش فعالیت‌های اکسیژن خواه مانند فعالیت PPO و ACC اکسیداز و تنفس است (Asghari *et al*., 2018). در مطالعه حاضر اسانس مرزنجوش در کاهش فعالیت آنزیم PPO مؤثر بود. این نتیجه با یافته‌های سیاری و همکاران (Sayyari *et al*., 2019) که اثر هگزانال، اسانس شمعدانی معطر و روغن کدوی کاغذی را بر روی میوه انگور بررسی کرده بودند، هم‌خوانی داشت. این محققین کاهش تنفس، کاهش دسترسی به اکسیژن و میزان اکسیداسیون فنل‌ها با آنزیم PPO را دلیل کاهش فعالیت این آنزیم‌ها عنوان کردند (Sayyari *et al*., 2019).

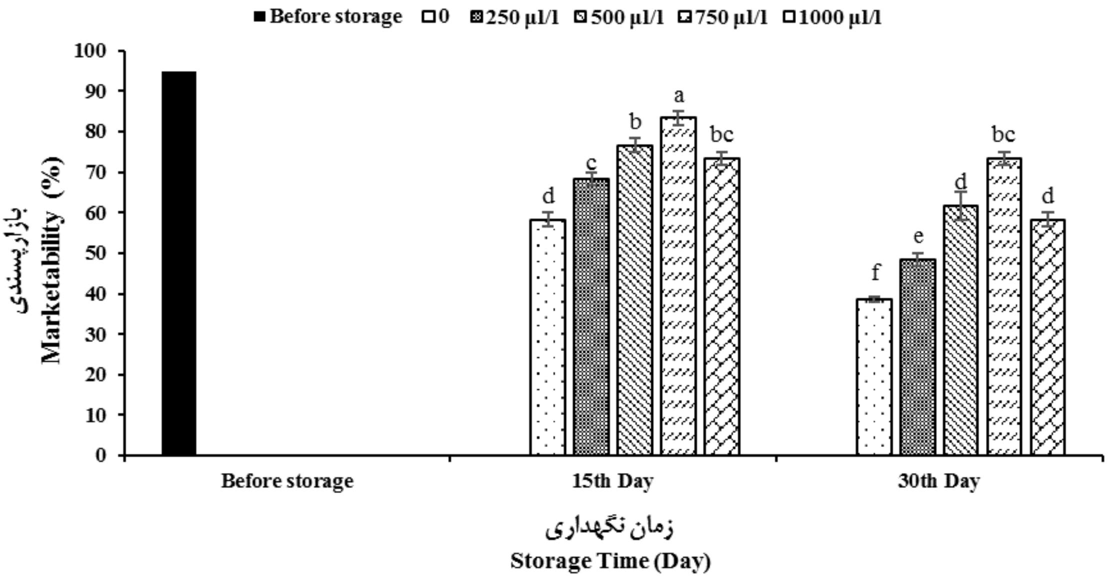


شکل ۵- اثرات ساده کاربرد اسانس مرزنجوش و زمان نگهداری بر فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز در میوه گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Figure 5- The simple effects of Oreganom essential oil and storage time on the polyphenol oxidase enzyme activity in sweet cherry fruit cv. 'Takdaneh Mashhad' (DMRT, $p\leq 0.05$)

بازارپسندی: اثرات ساده اسانس و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱ درصد و همچنین اثر متقابل بین این دو عامل در سطح احتمال ۵ درصد بر حفظ بازارپسندی میوه معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه‌های میانگین تیمارها نشان می‌دهند که با افزایش زمان انبارداری، میزان بازارپسندی میوه‌ها حتی با کاربرد اسانس گیاهی کاهش یافت. در مجموع در میوه‌های تیمارشده نسبت به نمونه‌های شاهد، با افزایش غلظت اسانس تا ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر شاهد روند افزایشی در میزان بازارپسندی بودیم که این افزایش در روز ۱۵ ام زمان نگهداری بیشتر از روز ۳۰ ام بوده است (شکل ۶).

هر عاملی که سرعت پیری، چروکیدگی و تغییر رنگ را کاهش دهد و از شدت علایم پوسیدگی جلوگیری نماید، باعث حفظ وضعیت ظاهری و بازارپسندی میوه می‌شود (Esna-Ashari and Zokaee Khosroshahi, 2009). در پژوهش حاضر، غلظت‌های مختلف اسانس موجب افزایش بازارپسندی میوه‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد شدند، که در این میان غلظت ۷۵۰ میکرولیتر به طور چشم‌گیری بازارپسندی میوه را در سطح بالاتری در روز ۱۵ ام حفظ کرد. مظفری و همکاران (Mozafari *et al*., 2017) نشان دادند که توت فرنگی‌های تیمار شده با اسانس خوشاریزه کیفیت تازه‌تر و بهتری نسبت به میوه‌های تیمار نشده در طول مدت زمان نگهداری داشته و از بازارپسندی بالاتری برخوردار بودند. نتایج مشابه درباره تأثیر مثبت اسانس آویشن و دارچین بر روی کیفیت و افزایش بازارپسندی گوجه گیلاسی گزارش شده است (El-Sayed *et al*., 2022). کاربرد همچنین بارتو و همکاران (Barreto *et al*., 2016) پوشش کیتوزان حاوی اسانس مرزنجوش را بر ظاهر، طعم و رنگ گوجه گیلاسی تأثیرگذار گزارش کردند.



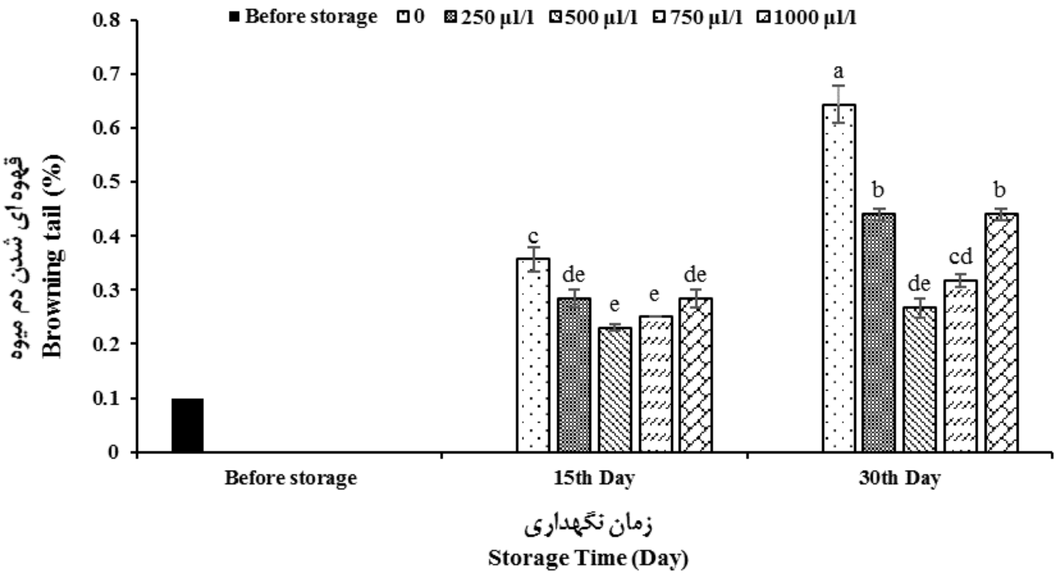
شکل ٦- اثرمتقابل کاربرد اسانس مرزنجوش × زمان نگهداری بر حفظ بازارپسندی میوه گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Figure 6- The interaction effect of Oreganom essential oil ×storage time on the marketability maintaining of sweet cherry fruit cv. 'Takdaneh Mashhad' (DMRT, *p≤0.05*)

قهوه‌ای شدن دم میوه: همانند اکثر صفات مورد مطالعه، اثرات ساده و متقابل اسانس مرزنجوش و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان قهوه‌ای شدن دم میوه معنی‌دار بود (جدول ۱). شکل ۷ نشان‌دهنده مقایسه میانگین اثر متقابل اسانس مرزنجوش و زمان نگهداری می‌باشد که مطابق آن میزان قهوه‌ای شدن با افزایش زمان افزایش پیدا کرد. تیمار غلظت‌های مختلف اسانس با اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد بر کاهش میزان قهوه‌ای شدن دم میوه مؤثر بودند. میوه‌های شاهد سریع‌تر سبزی دم میوه خود را از دست دادند. کمترین میزان قهوه‌ای شدن دم میوه به غلظت ۵۰۰ میکرولیتر در لیتر اختصاص داشت و بیشترین میزان آن مربوط به تیمار شاهد در روز ۳۰ام بود.

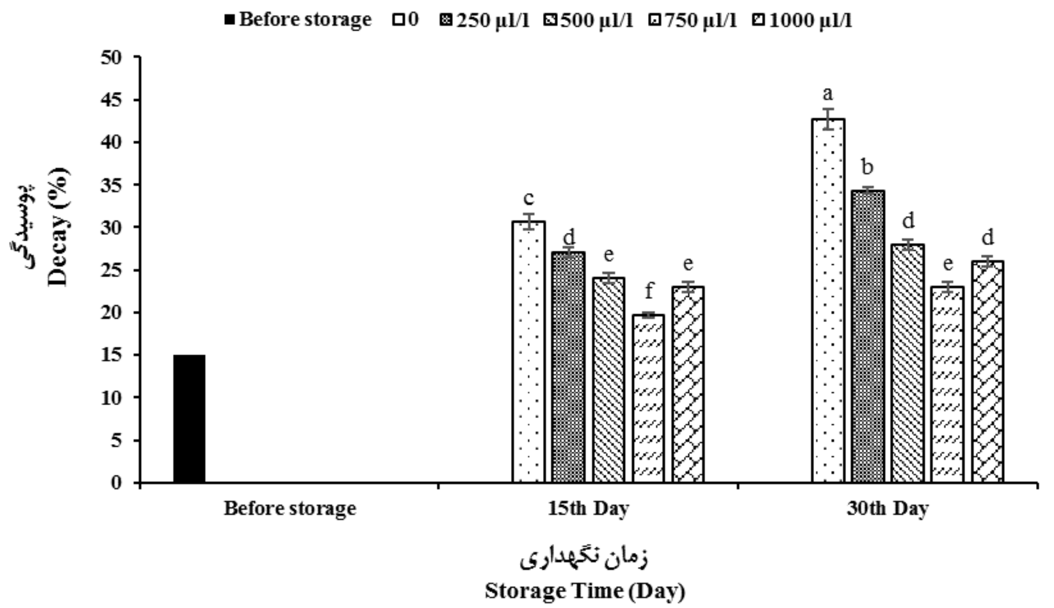
قهوه‌ای شدن دم میوه گیلاس دلایل متعددی دارد که از آن جمله می‌توان به اتلاف آب، فعالیت آنزیم PPO و تخریب کلروفیل اشاره کرد. ابراهیم‌پور و همکاران (Ebrahimpour *et al*., 2008) تأثیر اسانس‌های گیاهی و دما بر افزایش عمر انباری آلبالو و گیلاس را مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج آنان، اسانس میخک به غلظت ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر تأثیر معنی‌داری بر میزان قهوه‌ای شدن دم میوه در آلبالو و گیلاس داشت. اسانس‌های گیاهی باعث حفظ رنگ میوه و عدم تخریب کلروفیل از طریق جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های تخریب‌کننده کلروفیل مانند کلروفیلاز، کلروفیل پراکسیداز و کاهش قهوه‌ای شدن آنزیمی در دم میوه گیلاس و آلبالو شده است (Ebrahimpour *et al*., 2008). طبق نتایج بدست آمده تأثیر اسانس در کاهش قهوه‌ای شدن دم میوه احتمالاً به دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس باشد. از سویی دیگر، اسانس‌ها با کاهش تبادل O_2 و CO_2 از اتلاف آب و قهوه‌ای شدن آنزیمی جلوگیری می‌کنند و با کاهش تولید اتیلن، میزان فعال شدن آنزیم‌های تخریب‌کننده همانند کلروفیلاز را کاهش می‌دهند. یافته‌های ما نشان داد که میزان قهوه‌ای شدن دم در تیمار غلظت ۱۰۰۰ اسانس افزایش یافت. این امر نشان‌دهنده اثرات سمیت غلظت‌های بالای اسانس روی میوه می‌باشد که مطابق گزارش اصغری مرجانلو و همکاران (Asgari Marjanlu *et al*., 2009) است.

پوسیدگی: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده اسانس مرزنجوش و زمان نگهداری و همچنین اثر متقابل بین این دو در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان پوسیدگی معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها بر میزان پوسیدگی میوه گیلاس در شکل ۸ ارائه شده است. میزان پوسیدگی میوه با افزایش زمان نگهداری افزایش پیدا کرد. همچنین غلظت‌های مختلف اسانس با اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار عدم کاربرد اسانس موجب کنترل پوسیدگی شد. کمترین میزان پوسیدگی در غلظت ۷۵۰ میکرولیتر اسانس در روز ۱۵ام مشاهده شد و بالاترین میزان پوسیدگی هم مربوط به نمونه‌های شاهد بود.



شکل ۷- اثرمتقابل کاربرد اسانس مرزنجوش × زمان نگهداری بر میزان قهوه‌ای شدن دم میوه گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Figure 7- The interaction effect of Oreganom essential oil ×storage time on the browning of fruit tail of sweet cherry cv. 'Takdaneh Mashhad' (DMRT, *p≤0.05*).

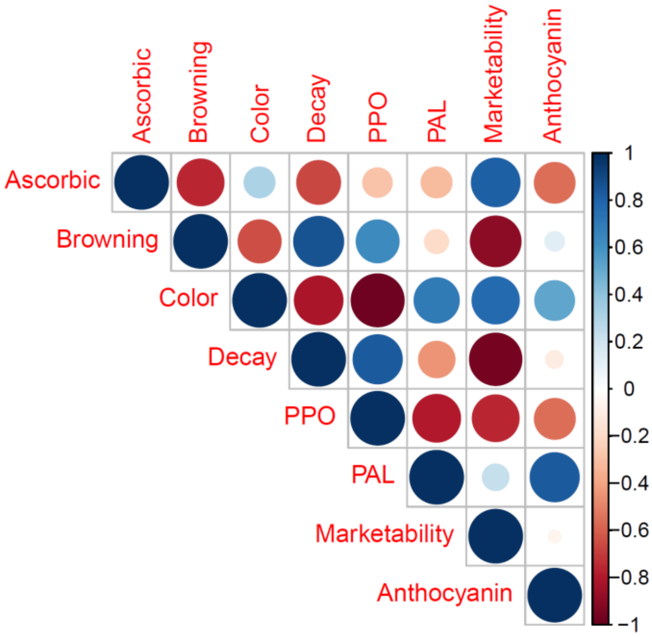


شکل ۸- اثر متقابل کاربرد اسانس مرزنجوش × زمان نگهداری بر میزان پوسیدگی میوه گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Figure 8- The interaction effect of Oreganom essential oil ×storage time on the decay rate of sweet cherry fruit cv. 'Takdaneh Mashhad' (DMRT, *p≤0.05*)

براساس نتایج بدست آمده تیمارهای اسانس مرزنجوش بـه طـور مطلوبی توانستند فساد میوه را کنترل کنند. اسانس‌های گیاهی بر رشد قارچ‌های بیماری‌زا تأثیر مستقیم می‌گذارند، این تأثیر ناشی از فعالیـت ترکیبات ضد قارچی اجزای اسانس می‌باشـد کـه منجـر بـه تغییـرات ساختاری و مورفولوژیکی در هیف‌های قارچ می‌شـوند. در خصوص اثر اسانس‌های گیاهی بر کنترل رشد قارچ‌های بیماری‌زا و کیفیت پس از برداشت محصولات باغبانی، گزارش‌های مختلفی ارائه گردیده اسـت. در مطالعــه‌ای، فعالیــت بیــوکنترلی اســانس‌هــای گیاهــان دارویــی مرزنجوش، آویشن، دارچین و رزماری در برابر رشـد قـارچ‌هـای مولـد فساد در میوه سیب بررسی شد. نتایج حاکی از آن بود که اسانس‌هـای

مذکور اثر بازدارندگی قوی از رشد قارچ داشتند (Nikkhah *et al.*, 2019). همچنین ربانی نسب (Rabbani Nasab *et al.*, 2012) اثر ضد قارچی پنج اسانس دارویی مرزنجوش، برازمبل، بادرنجبویه، بادرنجبویه پرپر و کاکوتی کوهی روی قارچهای عامل بیماری‌های انگور را بررسی کردند و گزارش نمودند که اسانس مرزنجوش مؤثرترین اثر بازدارندگی از رشد قارچهای بیماری‌زا را دارا بود. این گزارشات با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد.



شکل ۹- نتایج تجزیه همبستگی میان صفات مورد ارزیابی در میوه گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Figure 9- Results of correlation analysis between evaluated traits in sweet cherry fruit cv. 'Takdaneh Mashhad'

روابط بین صفات: مطالعه روابط صفات با استفاده از ضرایب همبستگی می‌تواند به شناسایی عواملی که با کیفیت و ماندگاری میوه ارتباط دارند، کمک کند. ضرایب همبستگی پیرسون در شکل ۹ ارائه شده است، همان‌طور که ملاحظه می‌شود بین اکثر صفات همبستگی‌های معنی‌دار وجود دارد. بازارپسندی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین صفات با میزان اسید آسکوربیک (r=۰/۸۲**) و رنگ میوه (r=۰/۷۷**) همبستگی مثبتی داشت. این نتایج به وضوح نشان می‌دهد که افزایش این صفات منجر به بازارپسندی بالای میوه گیلاس می‌گردد. از سوی دیگر وجود همبستگی منفی بین میزان حفظ بازارپسندی با صفات پوسیدگی (r= −۰/۹۵**) و قهوه‌ای شدن دم میوه (r= −۰/۸۹**) نشان می‌دهد که با افزایش این صفات از میزان بازارپسندی میوه کاسته می‌شود. همبستگی مثبت بین فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز (PAL) و میزان آنتوسیانین کل (r=۰/۸۴**) ثابت می‌کند که آنزیم PAL یک آنزیم کلیدی در بیوسنتز ترکیبات فنلی می‌باشد. در پژوهشی، ارتباط مثبتی بین فعالیت آنزیم PAL با ساخت آنتوسیانین در میوه‌های پرتقال خونی گزارش شده است (Njombolwana *et al.*, 2013). همچنین، توجه به همبستگی‌های منفی ضروری می‌باشد و جنبه دیگری از روابط خطی صفات را آشکار می‌نماید. در اینجا میزان قهوه‌ای شدن دم میوه و اسید آسکوربیک (r= −۰/۷۶*) ارتباط منفی داشتند که نشان‌دهنده این است که افزایش میزان اسید آسکوربیک سرعت فرایندهای تخریبی را کاهش می‌دهد و به عنوان یک پاداکسنده[1] در مقاومت به پیری نقش مؤثری دارد (۵). فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز با میزان پوسیدگی (r=۰/۸۴**) و قهوه‌ای شدم دم میوه (r=۰/۶۴*) همبستگی مثبت دارد. آنزیم PPO یک آنزیم اکسیداتیوی می‌باشد که با اکسید کردن ترکیبات فنلی منجر به قهوه‌ای شدن سطحی میوه‌ها می‌شود که این امر موجب کاهش پلی‌فنل‌ها و فقدان فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌گردد. گرچه با تجزیه رنگیزه آنتوسیانین قهوه‌ای شدن اتفاق می‌افتد (Jannati *et al.*, 2014)، اما در مطالعه حاضر همبستگی خاصی میان محتوای آنتوسیانین و قهوه‌ای شدن دم (r=۰/۱۳^{ns}) مشاهده نشد (شکل ۹). از آنجایی که کاهش صفات بازارپسندی و رنگ بافت با افزایش میزان پوسیدگی ارتباط دارد. لذا به نظر می‌رسد، اسانس مرزنجوش با ممانعت از رشد قارچهای بیماری‌زا موجب حفظ بازارپسندی و جلوگیری از تغییرپذیری رنگ شده باشد. یکی از اثرات

1- Scavenger

مهم اسانس‌های گیاهی بطور غیرمستقیم، فعال کردن سیستم‌های دفاعی گیاه میزبان در مقابل تنش‌های زنده و غیرزنده بخصوص در برابر پاتوژن‌ها می‌باشد. همچنین اسانس این گیاه، به طور مستقیم با تغییر در ساختار فیزیولوژیکی قارچ‌های بیماری‌زا و همچنین آسیب به آنزیم‌های درگیر در تولید انرژی از فساد میوه‌ها جلوگیری می‌کند (Erfani-Moghadam and Mohammadi, 2021). پژوهش حاضر نیز نشان داد که میوه های تیمار شده با اسانس مرزنجوش نسبت به نمونه شاهد از ماندگاری بیشتری برخوردار بودند.

نتیجه‌گیری

میوه گیلاس یکی از محصولات باغبانی مورد پسند مشتری در سراسر جهان می‌باشد که به‌دلیل عمر انبارداری کم نیازمند روش‌های نوین و سالم جهت حفظ کیفیت و افزایش زمان ماندگاری آن است. کاربرد اسانس‌های گیاهی به‌عنوان یک روش طبیعی با جلوگیری از زوال و سرعت تخریب می‌تواند جهت افزایش زمان ماندگاری این میوه مؤثر واقع شود. نتایج این تحقیق اثبات کرد که اسانس مرزنجوش در غلظت ۷۵۰ میکرولیتر در لیتر از طریق افزایش و حفظ میزان اسید آسکوربیک و بازارپسندی در روز ۱۵ام و همچنین کاهش تغییر رنگ بافت میوه و میزان آنتوسیانین در روز ۳۰ام زمان نگهداری شد. بالاترین میزان فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز مربوط به غلظت ۱۰۰۰ میکرو لیتر اسانس در روز ۳۰ ام زمان نگهداری بود. علاوه بر این، پایین‌ترین میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز، میزان پوسیدگی مربوط به غلظت ۷۵۰ میکرولیتر اسانس در روز ۱۵ام نگهداری بوده است. در غلظت ۷۵۰ میکرولیتر در لیتر اسانس در روز ۱۵ام بالاترین حفظ میزان قهوه‌ای شدن دم میوه اتفاق افتاد. علت این امر را می‌توان به ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی موجود در اسانس مرزنجوش ربط داد. این ترکیبات به‌طور مستقیم بر فساد میوه و به‌طور غیرمستقیم با افزایش سیستم دفاعی میوه میزبان اثر گذاشته و باعث حفظ کیفیت میوه می‌شود. براساس نتایج این تحقیق می‌توان اسانس مرزنجوش را به‌عنوان یک روش سالم به‌منظور حفظ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بهبود خصوصیات کیفی پس از برداشت میوه گیلاس معرفی نمود.

منابع

1. Al-Bayati, F.A., & Al-Mola, H.F. (2008). Antibacterial and antifungal activities of different parts of *Tribulus terrestris* L. growing in Iraq. *Journal of Zhejiang University Science B 9*(2): 154-159. https://doi.org/10.1631/jzus.B0720251.
2. Asgari Marjanlu, A., Mostofi, Y., Shoeibi, S., & Maghoumi, M. (2009). Effect of basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil on gray mold control and postharvest quality of strawberry (cv. Selva). *Journal of Medicinal Plants 8*(29): 131-139. (In Persian with English abstract)
3. Asghari, M.R. (2015). *Novel (non-classic) plant hormones and growth regulators*. Urmia University Press, 352 p. (In Persian)
4. Asghari, M.R., Azarsharif, Z., Tajik, H., & Farrokhzad Nansa, A.R. (2019). Effect of galbanum gum coating combined with cumin essential oil and calcium chloride on qualitative and biochemical characteristics of sweet cherry. *Journal of Horticultural Science 32*(4): 665-680. (In Persian with English abstract)
5. Asghari, M.R., Ghafari Baktash, H., & Farokhzad, A. (2018). Changes in quality of apple fruit (cv. Red Delicious) in response to postharvest salicylic acid and nitric oxide treatments. *Plant Production Technology 10*(1): 107-124. (In Persian with English abstract)
6. Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang, C.Y., & González-Aguilar, G.A. (2007). High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. *Food Technology and Biotechnology 45*(2): 166-173.
7. Barreto, T.A., Andrade, S.C., Maciel, J.F., Arcanjo, N.M., Madruga, M.S., Meireles, B., Cordeiro, Â.M., Souza, E.L., & Magnani, M. (2016). A chitosan coating containing essential oil from *Origanum vulgare* L. to control postharvest mold infections and keep the quality of cherry tomato fruit. *Frontiers in Microbiology* 7: 1724. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01724.
8. Beckman, C.H. (2000). Phenolic-storing cells: keys to programmed cell death and periderm formation in wilt disease resistance and in general defence responses in plants?. *Physiological and Molecular Plant Pathology 57*(3): 101-110. https://doi.org/10.1006/pmpp.2000.0287.
9. Castillo, S., Pérez-Alfonso, C.O., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Serrano, M., & Valero, D. (2014). The essential oils thymol and carvacrol applied in the packing lines avoid lemon spoilage and maintain quality during storage. *Food Control 35*(1): 132-136. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.06.052.
10. Davari, M., & Ezazi, R. (2016). Study on the effects of four medicinal plant essential oils and two Trichoderma species on biocontrol of grape fruit rot fungi. *Biological Control of Pests and Plant Diseases 5*(1): 1-12. (In Persian with English abstract)
11. de Souza, E.L., de Barros, J.C., de Oliveira, C.E.V., & da Conceição, M.L. (2010). Influence of *Origanum vulgare* L. essential oil on enterotoxin production, membrane permeability and surface characteristics of *Staphylococcus aureus*. *International Journal of Food Microbiology 137*(2-3): 308-311.

https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.11.025.
12. Dehestani Ardakani, M., & Mostofi, Y. (2018). Extension of storage life and quality properties of grape cv. 'Bidaneh Ghermez' by *Thymus* essential oil. *Iranian Journal of Horticultural Science 48*(4): 753-764. (In Persian with English abstract)
13. dos Santos, N.S.T., Athayde, A.J.A., Vasconcelos De, O.C.D., De Sales, C.V., De Melo, S., Sousa da, S.R., Montenegro, S.T.C., & De Souza, E.L. (2012). Efficacy of the application of a coating composed of chitosan and *Origanum vulgare* L. essential oil to control *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger* in grapes (*Vitis labrusca* L.). *Food Microbiology 32*(2): 345-353. https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.07.014.
14. Ebrahimpour, A., Ghani, A., & Azizi, M. (2008). Effect of temperature, packaging and some natural compounds on storage improvement of Sour cherry (*Prunus cerasus* L.). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 15*(1): 28-38. (In Persian with English abstract)
15. El-Sayed, S. F., Atress, A. S., Mahmoud, A. W. M., Maghraby, M. I. F., & El-Mogy, M. M. (2022). Effect of exogenous postharvest application with thyme and cinnamon oils on quality and storability of cherry tomato. *International Journal of Health Sciences 6*(S8): 4582–4594. https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS8.13245.
16. Erfani-Moghadam, J., & Mohammadi, O. (2021). Effect of ascorbic acid and essential oil of *thymbra* spicata on shelf life and quality maintenance of strawberry. *Journal of Crop Production and Processing 11*(2): 93-108. (In Persian with English abstract)
17. Esna-Ashari, M., & Zokaee Khosroshahi, M.R. (2009). *Post-harvest physiology and technology*. First Edition, Bu-Ali Sina University press. 298 p. (In Persian)
18. Falguera, V., Quintero, J.P., Jiménez, A., Muñoz, J.A., & Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology 22*(6): 292-303. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.02.004.
19. Ghafouri, M., Soleimani, A., Rabiei, V., & Hemmati, R. (2016). The effect of foliar application after harvesting thyme essential oil on shelf life and quality of pomegranate fruit (Tarom red skin cultivar). *Journal of Horticultural Science 29*(4): 547-555. (In Persian with English abstract)
20. Golestani, A., & Rastegar, S. (2017). Effect of rosemary and artemisia essential oil on decay control and quality characters of mango fruit during storage. *The Plant Production (Scientific Journal of Agriculture) 40*(2): 53-62. (In Persian with English abstract)
21. Han, C., Zhao, Y., Leonard, S.W., & Traber, M.G. (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria × ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology 33*(1): 67-78. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.01.008.
22. Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D., & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria × ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry 110*(2): 428-435. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.020.
23. Jannati, M., Abdossi, V., & Mashhadi Akbar Boujar, M. (2014). Effect of calcium chloride and thyme essential oils application on some postharvest characteristics of strawberry fruit cv. Selva. *Modern Science of Sustainable Agriculture Journal* 2(2): 25-32. (In Persian with English abstract)
24. Jin, P., Wang, S.Y., Gao, H., Chen, H., Zheng, Y., & Wang, C.Y. (2012). Effect of cultural system and essential oil treatment on antioxidant capacity in raspberries. *Food Chemistry* 132(1): 399-405. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.011.
25. Karthikeyan, M., Radhika, K., Mathiyazhagan, S., Bhaskaran, R., Samiyappan, R., & Velazhahan, R. (2006). Induction of phenolics and defense-related enzymes in coconut (*Cocos nucifera* L.) roots treated with biocontrol agents. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 18: 367-377. https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000300003.
26. Lee, S.K., & Kader, A.A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20: 207–220. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00133-2.
27. Lounds-Singlton, A.J. (2003). Influence of thermal postharvest stress on mango (*Mangifera indica*) polyphenolics during ripening. University of Florida, U.S.A. 68 P.
28. Mohammadi, S., Aroiee, H., Tehranifar, A., & Jahanbakhsh, V. (2012). Application of essential oils in control postharvest decay of strawberry fruit caused by *Bottrytis cinerea* fungus. *Postharvest Physiology and Technology of Horticultural Crops* 1(2): 55-73. (In Persian with English abstract)
29. Mozafari, A.A., Rahimi, R., & Abdousi, V. (2017). Effects of *Echinophora platyloba* essential oil on quantitative and qualitative characteristics of two varieties of strawberries during shelf-life. *Journal of Food Research* 27(4): 87-102. (In Persian with English abstract)
30. Nikkhah, M., Habibi Najafi, M.B., Hashemi, M., & Farhoosh, R. (2019). Antifungal activity and synergistic effects of thyme, cinnamon, rosemary and marjoram essential oils in combination, against apple rot fungi. *Journal of Food Research* 29(1): 43-54. (In Persian with English abstract)
31. Njombolwana, N.S., Erasmus, A., Van Zyl, J.G., du Plooy, W., Cronje, P.J., & Fourie, P.H. (2013). Effects of citrus wax coating and brush type on imazalil residue loading, green mould control and fruit quality retention of sweet oranges. *Postharvest Biology and Technology* 86: 362-371.

https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.07.017.

32. Norouzi Faz, F., Mirdehghan, S.H., Karimi, H.R., & Alaei, H. (2016). Effect of thymol and menthol essential oils combined with packaging with celofan on the maintenance of postharvest quality of strawberry cv. Parus. *Iranian Journal of Horticultural Science* 47(1): 81-91. (In Persian with English abstract)
33. Parvizi, V., Shirzad, H., Alirezalu, A., & Rahmanzade Ishkeh, S. (2020). Effect of chitosan nano-emulsion and fennel essential oil on antioxidant activity and biochemical contents of black mulberry (*Morus nigra* L.). *Pomology Research Scientific Journal* 5(1): 1-15. (In Persian with English abstract)
34. Pizzocaro, F., Torreggiani, D., & Gilardi, G. (1993). Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. *Journal of Food Processing and Preservation* 17(1): 21-30. https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1993.tb00223.x.
35. Rabbani Nasab, H., Mousavi, S.A., & Heidarzadeh, N. (2012). Study of antifungal effects of some medicinal plants effect on suupression of growth of post harvest disease fungal agent of grape in north Khorassan. *Postharvest Physiology and Technology of Horticultural Crops* 1(3): 91-106. (In Persian with English abstract)
36. Rahemi, M. (2011). Postharvest: an introduction to the physiology and handing of fruit, vegetables and ornamentals. Fifth edition, *Shiraz university press*, 447 p. (In Persian).
37. Randhir, R., Vattem, D.A., & Shetty, K. (2006). Antioxidant enzyme response studies in H_2O_2-stressed procine muscle tissue folloeing treatment with fava bean sprout extract and L-DOPA. *Journal of Food Biochemistry* 30(6): 671-698. https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2006.00090.x.
38. Rusková, M., Opálková Šišková, A., Mosnáčková, K., Gago, C., Guerreiro, A., Bučková, M., Puškárová, A., Pangallo, D., & Antunes, M.D. (2023). Biodegradable active packaging enriched with essential oils for enhancing the shelf life of strawberries. *Antioxidants* 12(3): 755. https://doi.org/10.3390/antiox12030755.
39. Sayyari, M., Shabanloo, M., & Azizi, A. (2019). Impact of hexanal, pelargonium. essential oil-cucurbita pepo oil and enhanced freshness formulation (EFF) on storage life of grape cv. Bidaneh sefid. *Crops Improvement* 20(4): 889-901. (In Persian with English abstract).
40. Tzortzakis, N.G. (2007). Maintaining postharvest quality of fresh produce with volatile compounds. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8(1): 111-116. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2006.08.001.
41. USDA, N. (2020). The Plants Database. Greensboro: National plant data team. http://plants.usda.gov/.
42. Veltman, R., & Van Schaik, A. (1997). Membrane demage in fruits perhaps the explanation of hollow core and flesh browning. *Fruitteelt* 87: 12-13.
43. Wafaa, A.A., Sahar, M.A., & Kamel, O.T. (2014). Using safe alternatives for controlling postharvest decay, maintaining quality of crimson seedless grape. *World Applied Sciemces Journal* 31(7): 1345- 1357. https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2014.31.07.14464.
44. Wagner, G.J. (1979). Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. *Plant Physiology* 64(1): 88-93. https://doi.org/10.1104/pp.64.1.88.